# *ESTUDIO POBLACIONAL DE LAS ESPECIES DE REPTILES DE INTÉRES DE MINERA PANAMÁ*

BORRADOR

Preparado para:

Minera Panamá

Preparado por:

MWH

BUILDING A BETTER WORLD

***Julio 2012***

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de Impacto ambiental (EsIA) del Proyecto Mina de Cobre Panamá, indica la presencia de 8 reptiles considerados como Especies de Interés (EDI) dentro de la futura área de explotación minera. La historia natural de algunas de estas 8 especies es bastante conocida, otras carecen de esta información; sin embargo, las características poblacionales de todas ellas son totalmente desconocidas, no existen trabajos documentados que indiquen la composición o estructura poblacional de las Especies de Interés de reptiles presentes en esta área del Donoso.

Debido a la carencia de información, Minera Panamá hace una convocatoria a MWH, para iniciar estudios poblacionales de dos Especies de Interés (EDI) de reptiles dentro de la huella del proyecto y también en varios puntos fuera de ella, para ser utilizados como datos comparativos o de control. Sin embargo luego de analizar el potencial de cada una de estas especies para muestrear sus poblaciones no pudimos recomendar ninguna, porque todas son especies que raramente son observables en el Donoso y que por ese hecho no son susceptibles a este tipo de estudio.

Recomendamos entonces el uso de dos especies de lagartijas *Anolis*, una terrestre y la otra habitante de los márgenes acuáticos para ser estudiada al mismo tiempo en que se efectuaban los muestreos para determinar las estructuras poblacionales de dos anfibios. De ese modo, el estudio de estas dos especies no conllevaría a un gasto adicional, porque se muestrearían simultáneamente con los dos anfibios EDIs. Con los resultados obtenidos se inicia la línea base para la futura implementación de un plan de monitoreo para reptiles en la región.

BORRADOR

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo General

- Ampliar la información sobre la distribución y el estado de las poblaciones de dos especies de *Anolis* (*Anolis lionotus* y *Anolis humilis*) dentro de la huella del proyecto Mina de Cobre Panamá, y fuera de ella, que permita conocer el estado de conservación de estas especies.

### 2.2. Objetivos específicos

- Obtener estimados poblacionales de dos especies de lagartijas *Anolis* que se encuentran en el área del Proyecto Mina de Cobre Panamá y que pueden servir como indicadoras de degradación ambiental.
- Obtener una línea base de información para la implementación de un futuro plan de monitoreo de reptiles a mediano o largo plazo.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Selección de las especies de estudio

Para cada una de las 8 EDIs de reptiles, se valoraron seis criterios, dándole a cada uno de ellos una puntuación de 1 a 3; los criterios utilizados fueron: 1-el hábito o sustrato dónde generalmente se localizan (si es una especie terrestre, semifosora, arborícola o acuática), 2-la actividad (si es diurna o nocturna), 3-la facilidad para ser observada, 4-si la especie es fácil de capturar para marcar 5-su abundancia relativa (si es común, usual o inusual) y 6-su distribución en el área del Donoso. Al final se sumó el total de las valoraciones para cada especie y se evaluó el potencial de cada una para ser debidamente muestreadas. (Ver Tabla 1).

| Especie | Sustrato | Actividad | Facilidad de observar | Fácil de capturar | Abundancia relativa | Distribución en Donoso | Puntaje |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Boa constrictor*** | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 8 |
| ***sibon annulatus*** | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 |
| ***Urotheca pachyura*** | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 |
| ***Micrurus stewartii*** | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 |
| ***Micrurus clarki*** | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 |
| ***Diploglossus monotropis*** | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 10 |
| ***Caiman crocodilus*** | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 |
| ***Iguana iguana*** | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | 3 | 11 |
| | **Terrestre=3<br>Semifosora =1<br>Arborícola=1<br>Acuática=1** | **Diurna=3<br>Nocturna=1** | **Fácil=3<br>Regular=2<br>Difícil=1** | **Sí=3<br>No=1** | **Común=3<br>Usual=2<br>Inusual=1** | **Amplia=3<br>Localizada=2<br>Incierta=1** | |

**Tabla 1. Lista de Especies de Interés de Reptiles del Proyecto Mina de Cobre Panamá y criterios de selección de especies para este estudio.**

A pesar que la *Iguana Iguana* y el *Diploglossus monotropis* obtuvieron el mejor puntaje, son puntajes muy bajos, en base al total de puntos máximos que era de 18 puntos. *Diploglossus monotropis* es una especie sumamente discreta, la cual muy poco se deja ver, su carácter oculto y semi-fosorial, difícilmente permite un adecuado muestreo y la *Iguana iguana* es una especie arborícola principalmente y muy críptica, por lo que no es común tampoco para ser observada durante un muestreo.

Si observamos la Tabla 1, todas las EDIs de reptiles habitan sitios de difícil muestreo (son semifosoras, arborícolas o acuáticas), no son fáciles de observar, no son fáciles de capturar y aparentemente no son abundantes, revisamos los números de avistamiento tanto en el Estudio de Impacto Ambiental, como en la búsquedas realizadas por MWH (2010) y los números de

individuos observados para cada una de estas especies son muy bajos, esto nos hace suponer que sus densidades son muy bajas o que viven generalmente ocultos y por lo tanto son vistos infrecuentemente, por lo que consideramos que ninguna de las ocho Especies de Interés de reptiles es apta para realizar un estudio poblacional a corto ni a largo plazo. Por esta razón y previa Consulta con Minera Panamá S. A., se recomendó para el estudio poblacional dos reptiles que aunque no están en la lista de Especies de Interés, están íntimamente relacionados con sitios boscosos y podrían ser especies indicadoras de degradación del hábitat, se trata de dos lagartijas del género *Anolis*, *A. lionotus* y *A. humilis*, ambas lagartijas se encuentran en números considerables en casi todos los sitios muestreados con anterioriday son de actividad diurna. La primera una lagartija semiacuática, habita generalmente en quebradas con muchas piedras y de aguas claras, mientras que la segunda es una lagartija terrestre que habita en la hojarasca del suelo del bosque.

### 3.2. Área de Estudio

Toda el área de estudio se encuentra en el Distrito del Donoso, en la vertiente del Caribe del oeste de la Provincia de Colón, entre los ríos Coclé del Norte y el Rió Belen, con sitios de muestreo dentro de la huella del Proyecto Mina de Cobre Panamá y sitios localizados al Norte, Este y Oeste de la huella del proyecto (ver Figura 1).

BORRADOR

**Figura 1. Mapa de Panamá, el recuadro indica el área de este estudio, localizada en el Distrito de Donoso en la Provincia de Colón.**

### 3.3. Diseño del muestreo

El área de muestreo de dividió en 4 Zonas: Zona Este (ZE), Zona Norte (ZN), Zona Oeste (ZO) y Zona del Proyecto (ZP), ver Figura 2 2.

Para el estudio de *Anolis humilis* se delimitó parcelas en 24 sitios seleccionados al azar (dentro de las áreas con cobertura boscosa) y distribuidos entre las 4 áreas de muestreo de la siguiente manera: 6 parcelas en la Zona Este (ZE), 7 en la Zona Norte (ZN), 6 en la Zona Oeste (ZO) y 5 dentro de la Zona del Proyecto (ZP), ver Figura 2. *Anolis humilis* comparte el mismo hábitat de *Dendrobates auratus* (ranita verdi negra), porque lo que se aprovechó el muestreo de la rana *Dendrobates auratus*, para al mismo tiempo realizar el muestreo de *Anolis humilis*. De esta forma no había que marcar nuevas parcelas, ni invertir más tiempo, ni utilizar más personal, ya que ambos muestreos podían realizarse simultáneamente por los mismos observadores.

Para el estudio de *Anolis lionotus*, se demarcó transectos en 12 sitios escogidos al azar (dentro de los sistemas de quebradas o arroyos con aguas claras, fondo rocoso o con grava y con cobertura boscosa), 3 por cada una de las 4 zonas de estudio, ver Figura 2. *Anolis lionotus* se encuentra en las márgenes acuáticas al igual que lo hace *Atelopus varius* (ranas arlequines), porque lo que se aprovechó el muestreo de la rana *Atelopus varius*, para al mismo tiempo realizar el muestreo de *Anolis lionotus*. De esta forma no había que marcar nuevos transectos, ni invertir más tiempo, ni utilizar más personal, ya que ambos muestreos podían realizarse simultáneamente por los mismos observadores. Por lo que se usaron para hacer el muestreo los mismos 12 transectos que se utilizaron al inicio para las *Atelopus*.

BORRADOR

**Figura 2. Mapa que señala las zonas en que se dividió este estudio y el sitio en donde se localizan las parcelas y los transectos dentro de cada Zona.**

## 3.4. Métodos de Muestreo

### 3.4.1. Densidad Poblacional

Las técnicas de **marcaje y recaptura** suelen ser usadas para hacer varias estimaciones poblacionales. Se puede determinar la distribución de los individuos en una población, sus movimientos, tasas de crecimiento poblacional, tasas de fecundidad, mortalidad, natalidad, migración, etc. De esta forma, se puede observar y determinar la estructura y dinámica poblacional de las especies estudiadas.

Se utilizó la técnica de marcaje y recaptura aplicada a dos metodologías recomendadas por Lips *et al.* (2001) para determinar la densidad poblacional de las dos especies seleccionadas. A estas metodologías se les hizo modificaciones de acuerdo a la experiencia de personas que han monitoreado poblaciones en Panamá (Roberto Ibáñez, com. personal). Una de las metodologías que se seleccionó permite estimar la densidad de población de especies como *Anolis humilis* que habitan en la hojarasca (Método de Parcelas) y la otra nos permite estimar lo mismo para especies como *Anolis lionotus* que habitan márgenes acuáticos (Método de transectos para la Inspección por Encuentro Visual).

#### 3.4.1.1. Método de Parcelas para cuantificar poblaciones de *Anolis humilis:*

En cada uno de los 24 sitios seleccionados se delimitó una parcela de 50 x 50 m, las cuales fueron georeferenciadas y muestreadas. Los datos obtenidos fueron utilizados para estimar la densidad de individuos de *Anolis humilis* (lagartija de hojarasca) que se encuentran en cada parcela; estos datos fueron necesarios para hacer un estimado del número de individuos de cada especie que habita en cada una de las 4 Zonas y estimar el total de individuos que habita en toda el área de estudio. En el Anexo 1 se muestra el cronograma de evaluación de las parcelas, que incluye código de las parcelas evaluadas, la Zona a la que pertenecen, la Temporada en que fueron evaluadas (Seca o Lluviosa), los días en que se visitaron estas parcelas y el responsable por parte de MWH de supervisar el trabajo en cada parcela.

Cada parcela fue visitada dos días durante la temporada seca y dos días durante la temporada lluviosa y fue recorrida por dos o tres observadores que caminaron paralelamente a lo ancho de la parcela en un área de 50x2 m cada uno hasta revisar cada $m^2$ de la parcela. Para cada temporada, el primer día era utilizado para delimitar y marcar la parcela y al mismo tiempo para capturar y marcar cada individuo observado, el segundo día se utilizó para registrar recapturas de los individuos marcados el primer día o para registrar individuos nuevos que no habían sido marcados el primer día, datos necesarios para hacer estimaciones poblacionales de esta especie, dentro de la parcela.

BORRADOR

Durante la temporada seca, cada parcela fue visitada con un día de por medio. Pero para la temporada lluviosa se hizo un cambio a la metodología para bajar costos de operación, en la época lluviosa cada parcela fue visitada dos días seguidos, por lo que los observadores pernoctaron en el sitio y de esa manera se ahorró un viaje de ida y vuelta en helicóptero por parcela.

Los muestreos en las parcelas en la temporada Seca fueron realizados del 8 de febrero al 8 de mayo de 2011, mientras que para la temporada lluviosa se realizaron del 18 de junio al 29 de julio de 2011. En los muestreos de la Temporada Seca faltan datos para la parcela ZNP4, la cual por motivos de fuertes lluvias durante la primera visita, sólo pudo delimitarse la parcela, pero no se pudo hacer el muestreo, en la segunda visita se hizo el muestreo y marcado, pero no hubo oportunidad de realizar otra visita para registrar las recapturas, por lo que durante la Temporada Seca sólo pudo ser posible marcar los límites de esta parcela y muestrear un día, faltando datos de recaptura.

#### 3.4.1.2. Transectos para la Inspección por Encuentro Visual (IEV) de *Anolis lionotus:*

En cada uno de los 12 sitios seleccionados se marcó un transecto de 500 m a lo largo de la quebrada. En el primer día de trabajo (en cada sitio) se demarcó el transecto y simultáneamente se hizo el muestreo, marcando a todos los individuos observados. En la segunda visita a cada sitio se recorrió el transecto en búsqueda de individuos marcados (recapturas) y de individuos que no habían sido marcados el primer día.

Entre el 28 abril y 4 de mayo de 2011, se realizaron los muestreos en los 12 transectos de quebrada correspondientes a la temporada seca y entre el 6 y el 15 de noviembre del 2011 los de la temporada lluviosa.

En el Anexo 2, se muestra el cronograma de evaluación de los 12 transectos (T5 a T16), que incluye: código del transecto evaluado, la Zona a la que pertenecen, la Temporada en que fueron evaluadas (Seca o Lluviosa), los días en que se visitaron esos transectos y el responsable por parte de MWH de supervisar el trabajo en cada uno. Cada transecto de quebrada fue caracterizado registrándose información del nombre de sistema de quebrada, tipo de bosque, descripción de la topografía, descripción del cauce de la quebrada, ancho del transecto así como ubicación del tramo inicial y final de cada transecto.

BORRADOR

### 3.4.2. Marcado de los individuos

Para el marcado de individuos de las poblaciones de *Anolis humilis* y *Anolis lionotus* se utilizó la técnica del corte de dedos o "toe clipping" (Woodbury, 1956) por su rapidez y bajo costo (Ferner, 2007). Utilizamos un código de marcado para identificar cada individuo de la forma como aparece en la Figura 3.

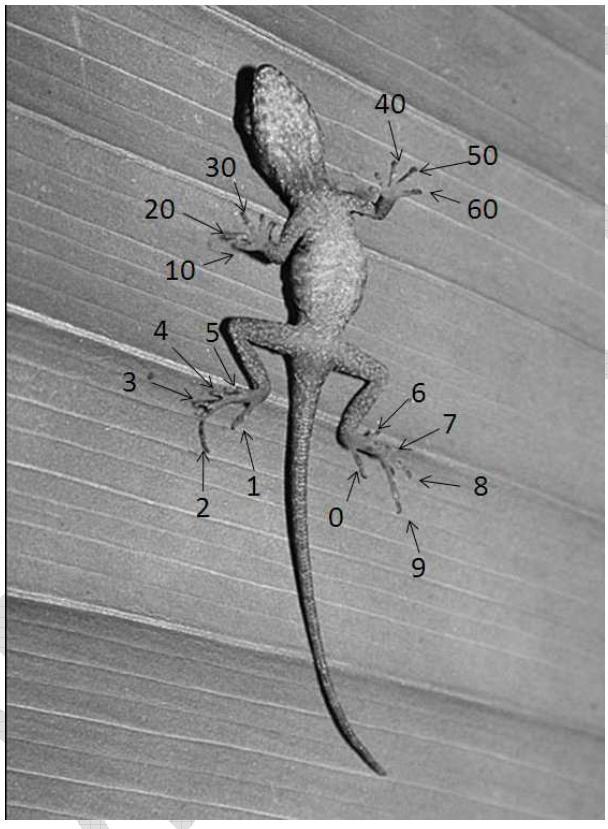


**Figura 3. Código con el que se marcó numéricamente a las *Anolis* en campo.**

#### 3.4.2.1. Protocolo para el marcado de animales:

- Esterilizar la tijera o el corta uñas.
- Poner al individuo ventralmente. Iniciar el marcado siempre de izquierda a derecha, iniciando con la pata inferior izquierda, luego la derecha.
- Continuar las decenas con los dedos de la mano y asociarlo con un dedo de las patas (excepto las decenas exactas: 10, 20, 30, etc; para las cuales, solo se corta un dedo).
- Para unificar método con el marcado de los anfibios, en la extremidad anterior sólo se cortaron dedos de los tres dedos externos.

- Si se acaban las decenas, usar la unidad de miles, cortando tres dedos al animal, solo un dedo por extremidad (1040, 1041, 1042, etc.).
- Poner antibiótico a los dedos cortados y liberar al animal (luego de tomar todos los datos).
- Esterilizar la tijera o el corta uñas con etanol.

Después de que las marcas fueron hechas y cauterizadas, los animales fueron liberados cerca del punto de captura. Existen estudios que indican que el corte de dedos puede reducir la sobrevivencia (Clarke 1972; McCarthy & Parris 2004) y además pueden causar infección en la herida (Golay & Durrer 1994). A pesar de los posibles efectos negativos que esta técnica podría generar en los individuos marcados, cuando el procedimiento es realizado de manera apropiada los riesgos para la fauna son bajos (Ferner 2007, Phillott *et al*. 2007).

Existen distintas precauciones y recomendaciones que deben considerarse al momento de realizar el corte de dedos como técnica de marcado, tales como limpiar con un agente antiséptico la tijera quirúrgica de acero inoxidable. La tijera debe ser desinfectada antes de usar con cada individuo. Remover la menor porción posible de cada dígito cortado (idealmente entre falanges) y tratar de no remover más de dos dígitos de un mismo miembro.

### 3.5. Análisis de los datos poblacionales

Para estimar el número de individuos de de las especies evaluadas dentro de parcelas o en transectos se utiliza generalmente, metodología de capturas y recapturas aplicados a poblaciones cerradas, principalmente el Estimador de Petersen-Lincoln (Chao y Huggins, 2005), el cual consiste en capturar muestras de animales de una población, marcarlos y liberarlos *in situ*, y al cabo de un tiempo otra muestra es colectada para observar la proporción de individuos marcados en la población total. De esta forma, el modelo está dado por la fórmula $N_p = n_1 n_2 / m_2$, en donde $N_p$ es el estimado del tamaño de la población, $n_1$ corresponde al total de animales capturados el primer día (animales marcados y liberados en la población), $n_2$ el total de animales capturados el segundo día y $m_2$ el total de animales recapturados el segundo día (marcados en el primer día). Sin embargo, este estimador no funciona para parcelas sin recapturas, ya que indicaría que las poblaciones son infinitas.

Como en nuestro caso hay muchos muestreos sin recaptura y la cantidad de muestras es muy reducida, decidimos utilizar el estimador propuesto por Chapman (1951), basado en un modelo hipergeométrico (Chao y Huggins, 2005), que corrige estos sesgos y cuya fórmula es: $N_c = ((n_1+1)(n_2+1)/m_2+1) -1$. Además, se calculó el intervalo de Confianza (CI) al 95% basado en el estimador de Chapman, de esta forma se obtuvieron los límites de confianza (Mínimo y Máximo) al 95% para este estimador. Cuando el valor mínimo fue menor que el número total de animales capturados (=n1+n2-m2), se reemplazó el límite mínimo por el número de animales capturados.

BORRADOR

Considerando el mismo modelo, la Varianza (Var) para ambos estimadores (Petersen-Lincoln y Chapman) son muy similares y está dada por: Var ($N_c$) ≈ Var ($N_p$) ≈ ($n_1$+1) ($n_2$+1) ($n_1$-$m_2$) ($n_2$-$m_2$)/ ($m_2$+1)$^2$ ($m_2$+2). Una vez obtenida la Varianza se calculó el Error Estándar (SE) que es la raíz cuadrada de la Varianza y se calculó el intervalo de confianza (CI) al 95% que equivale a Np ± 1.96 x SE.

En general, las condiciones de estos modelos son las siguientes:

- La población será cerrada tanto geográfica como demográficamente.
- La probabilidad de captura a un animal es la misma para todos los individuos dentro de la población.
- La marca no afecta la probabilidad de captura del organismo.
- La marca debe ser permanente por lo menos durante los períodos de captura.
- Los muestreos deben ser aleatorios.

Para evaluar si existían diferencias significativas entre zonas y entre las temporadas de muestreo y si existía interacción entre estos, se analizaron los datos estadísticamente con el programa SYSTAT 11.

En relación a la estructura poblacional de estas especies, se realizó el registró de algunas variables como tamaño (longitud hocico-cloaca), sexo, estadio del animal y condición reproductiva de cada animal capturado en cada una de las parcelas o transectos evaluados por zona de estudio durante ambas temporadas de muestreo Adicionalmente se registró información de características del hábitat de los animales capturados tales como condición de la vegetación, condición del suelo, condición de la hojarasca y condición ambiental.

En base a los datos poblacionales, se realizaron histogramas para distribución de frecuencias de tallas de cada de una las especies evaluadas durante ambas temporadas, asimismo se realizó un análisis de Modelo Lineal Generalizado (datos normalizados) para evaluar diferencias significativas en tallas promedio entre zonas (además entre ríos para la especies evaluadas en transectos) y temporadas de estudio. Para el caso de la proporción sexual se aplicó la prueba estadística del Chi-Cuadrado (Sokal y Rolhf, 1995) para detectar diferencias significativas entre animales machos y hembras en cada una de las temporadas y zonas.

### 3.6. Estimación del tamaño de la muestra para futuros monitoreos

Los estimados obtenidos del número de individuos en las parcelas y en los transectos ($N_c$) también fueron utilizados en el cálculo del tamaño o número de muestras necesarias para estimar un promedio de la población o la población total con un determinado nivel de precisión (Elzinga *et al.* 2001). Para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$n = \frac{(Z_\alpha)^2 (s)^2}{(B)^2}$$

BORRADOR

En donde: n= El tamaño estimado no corregido de la muestra; $Z_{\alpha}$= El coeficiente estándar normal; s= la desviación estándar; B= El nivel de precisión deseado expresado como la mitad del ancho máximo del intervalo de confianza aceptable. Luego, se obtuvo n* que representa el valor del tamaño de la muestra corregido en base a una tabla de corrección del tamaño de muestra para estimados de un sólo parámetro.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Densidad poblacional

#### 4.1.1. Parcelas para *Anolis humilis*

La Tabla 2, muestra los números de individuos de *Anolis humilis*, en las parcelas durante la Temporada Seca y Lluviosa, obtenidos en base al estimador de Chapman ($N_c$), la Tabla 2 también incluyen algunos estadísticos importantes.

| ID DATA | | ESTACIÓN SECA | | | | | | | | | | ESTACIÓN LLUVIOSA | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zona | Parcela | n1 | n2 | m2 | Nc | Var (Nc) | SE | 95% CI | N obs | Min | Max | n1 | n2 | m2 | Nc | Var (Nc) | SE | 95% CI | N obs | Min | Max |
| ZE | ZEP2 | 3 | 10 | 1 | 21 | 66.0 | 8.1 | 15.9 | 12.0 | 12 | 37 | 0 | 15 | 0 | 15 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 15.0 | 15 | 15 |
| ZE | ZEP3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 3 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 1 | 1 |
| ZE | ZEP4 | 10 | 10 | 1 | 60 | 816.8 | 28.6 | 56.0 | 19.0 | 19 | 116 | 13 | 34 | 1 | 244 | 16170.0 | 127.2 | 249.2 | 46.0 | 46 | 493 |
| ZE | ZEP5 | 5 | 6 | 1 | 20 | 70.0 | 8.4 | 16.4 | 10.0 | 10 | 36 | 1 | 2 | 0 | 5 | 6.0 | 2.4 | 4.8 | 3.0 | 3 | 10 |
| ZE | ZEP9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 4 | 0.8 | 0.9 | 1.7 | 3.0 | 3 | 5 |
| ZE | ZEP12 | 16 | 7 | 2 | 44 | 264.4 | 16.3 | 31.9 | 21.0 | 21 | 76 | 2 | 6 | 0 | 20 | 126.0 | 11.2 | 22.0 | 8.0 | 8 | 42 |
| ZN | ZNP2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 | 2.0 | 1.4 | 2.8 | 2.0 | 2 | 6 |
| ZN | ZPP1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 |
| ZN | ZNP3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 8 | 18.0 | 4.2 | 8.3 | 4.0 | 4 | 16 |
| ZN | ZNP4 | | | | | | | | | | | 0 | 2 | 0 | 2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 2 | 2 |
| ZN | ZNP6 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 2 | 2 |
| ZN | ZNP8 | 3 | 5 | 0 | 23 | 180.0 | 13.4 | 26.3 | 8.0 | 8 | 49 | 2 | 2 | 1 | 4 | 0.8 | 0.9 | 1.7 | 3.0 | 3 | 5 |
| ZN | ZNP11 | 3 | 3 | 0 | 15 | 72.0 | 8.5 | 16.6 | 6.0 | 6 | 32 | 4 | 8 | 1 | 22 | 78.8 | 8.9 | 17.4 | 11.0 | 11 | 39 |
| ZO | ZOP3 | 3 | 3 | 0 | 15 | 72.0 | 8.5 | 16.6 | 6.0 | 6 | 32 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 1 | 1 |
| ZO | ZOP4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 |
| ZO | ZOP6 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 |
| ZO | ZOP7 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 |
| ZO | ZOP10 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 |
| ZO | ZOP11 | 1 | 2 | 0 | 5 | 6.0 | 2.4 | 4.8 | 3.0 | 3 | 10 | 1 | 4 | 0 | 9 | 20.0 | 4.5 | 8.8 | 5.0 | 5 | 18 |
| ZP | ZPP5 | 2 | 3 | 0 | 11 | 36.0 | 6.0 | 11.8 | 5.0 | 5 | 23 | 5 | 5 | 1 | 17 | 48.0 | 6.9 | 13.6 | 9.0 | 9 | 31 |
| ZP | ZPP6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 |
| ZP | ZPP7 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 1 | 1 |
| ZP | ZPP8 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 |
| ZP | ZPP12 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 |

**Tabla 2. Estimado poblacional del *Anolis humilis* por parcelas y zonas de evaluación, durante las dos temporadas (seca y lluviosa).**

Cuatro parcelas tuvieron un estimado poblacional ($N_c$) de 0 *Anolis humilis* en la estación seca, sin embargo sólo dos se mantuvieron así en la estación lluviosa (1 en la Zona Oeste y una en la Zona de Proyecto. Sin embargo, en la estación lluviosa aumentó el número de parcelas con un valor estimado de 0 (8 versus 4 de la estación seca) de las cuales 4 pertenecen a la Zona Oeste, 3 a la Zona de Proyecto y 1 a la Zona Norte.

En la parcela ZEP4 de la zona Este se registró el mayor estimado de esta especie con un estimado de individuos de 60 para la estación seca y 244 para la estación lluviosa. Esta zona estuvo caracterizada por tener un bosque maduro con presencia de árboles altos. Otra parcela con un tamaño significativo fue la ZEP12, también ubicada en la Zona Este, con valores estimados de 20 para la estación lluviosa y 44 para la estación seca.

En general se observa mayor número de individuos estimados en la Zona Este, mientras que la zona Oeste presentó los menores estimados.

El número estimado de individuos ($N_c$) no fue significativamente diferente entre las zonas muestreadas durante la estación seca, pero sí fueron significativamente diferentes en la estación lluviosa (Análisis de una vía Kruskal-Wallis, estadístico de prueba Kruskal-Wallis = 4.799 y 8.426, P>0.05 y P=0.038, respectivamente). En la estación lluviosa, se obtuvo un número estimado de individuos significativamente mayor en la Zona Este que en las Zona Oeste y Zona del Proyecto (Prueba no paramétrica de tipo Tukey, P = 0.033 y P = 0.080, respectivamente), aunque no encontramos una razón obvia para esa situación ya que las condiciones de hábitat son más o menos similares en todas las parcelas.

En cada una de las zonas: Zona Este, Zona Norte, Zona Oeste y Zona del Proyecto, no se encontraron diferencias significativas en el número estimado de individuos (Nc) entre la estación seca y lluviosa (Análisis de dos vías Friedman, estadístico de prueba Friedman =0.667, 0.200, 1.800 y =0.333 respectivamente, P>0.05 en todas).

Por lo anteriormente mencionado, como era de esperarse, el análisis en conjunto de todas las parcelas en el área de estudio tampoco mostró diferencias significativas en el número estimado de individuos (Nc) entre la estación seca y lluviosa (Prueba Sign, 12+ y 7-, P>0.05).

#### 4.1.2. Transectos para *Anolis lionotus*

La Tabla 3 muestra los números obtenidos de individuos de *Anolis lionotus*, para los transectos durante la Temporada Seca y Temporada Lluviosa, obtenidos en base a el estimador poblacional de Chapman (Nc), la Tabla 3 también incluye algunos estadísticos importantes.

BORRADOR

| ID DATA | | | ESTACIÓN SECA | | | | | | | | | | ESTACIÓN LLUVIOSA | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Transecto | Zona | Cuenca | n1 | n2 | m2 | Nc | Var (Nc) | SE | 95%CI | N obs | Min | Max | n1 | n2 | m2 | Nc | Var (Nc) | SE | 95%CI | N obs | Min | Max |
| T5 | ZE | Río San Lucas | 3 | 7 | 0 | 31 | 336.0 | 18.3 | 35.9 | 10.0 | 10 | 67 | 13 | 3 | 1 | 27 | 112.0 | 10.6 | 20.7 | 15.0 | 15 | 48 |
| T10 | ZE | Río Hoja | 9 | 3 | 0 | 39 | 540.0 | 23.2 | 45.5 | 12.0 | 12 | 85 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 2 | 2 |
| T12 | ZE | Río Hoja | 2 | 7 | 0 | 23 | 168.0 | 13.0 | 25.4 | 9.0 | 9 | 48 | 8 | 1 | 0 | 17 | 72.0 | 8.5 | 16.6 | 9.0 | 9 | 34 |
| T9 | ZN | Río Uvero | 1 | 6 | 0 | 13 | 42.0 | 6.5 | 12.7 | 7.0 | 7 | 26 | 8 | 3 | 0 | 35 | 432.0 | 20.8 | 40.7 | 11.0 | 11 | 76 |
| T11 | ZN | Río Rinconcito | 5 | 8 | 0 | 53 | 1080.0 | 32.9 | 64.4 | 13.0 | 13 | 117 | 19 | 15 | 4 | 63 | 352.0 | 18.8 | 36.8 | 30.0 | 30 | 100 |
| T8 | ZN | Río Rinconcito | 3 | 4 | 0 | 19 | 120.0 | 11.0 | 21.5 | 7.0 | 7 | 40 | 8 | 7 | 1 | 35 | 252.0 | 15.9 | 31.1 | 14.0 | 14 | 66 |
| T16 | ZO | Río Belencillo | 0 | Inc | Inc | Inc | Inc | Inc | Inc | Inc | Inc | Inc | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 |
| T6 | ZO | Río Belencillo | 1 | 3 | 0 | 7 | 12.0 | 3.5 | 6.8 | 4.0 | 4 | 14 | 4 | 1 | 0 | 9 | 20.0 | 4.5 | 8.8 | 5.0 | 5 | 18 |
| T7 | ZO | Río Belencillo | 2 | 6 | 0 | 20 | 126.0 | 11.2 | 22.0 | 8.0 | 8 | 42 | 3 | 4 | 0 | 19 | 120.0 | 11.0 | 21.5 | 7.0 | 7 | 40 |
| T13 | ZP | Río Petaquilla | 1 | 2 | 0 | 5 | 6.0 | 2.4 | 4.8 | 3.0 | 3 | 10 | 7 | 6 | 1 | 27 | 140.0 | 11.8 | 23.2 | 12.0 | 12 | 50 |
| T14 | ZP | Río Petaquilla | 5 | 5 | 0 | 35 | 450.0 | 21.2 | 41.6 | 10.0 | 10 | 77 | 9 | 5 | 0 | 59 | 1350.0 | 36.7 | 72.0 | 14.0 | 14 | 131 |
| T15 | ZP | Río Petaquilla | 2 | 1 | 0 | 5 | 6.0 | 2.4 | 4.8 | 3.0 | 3 | 10 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 1 | 1 |

**Tabla 3. Estimado poblacional del *Anolis lionotus* para los transectos, durante las dos temporadas (seca y lluviosa).**

BORRADOR

En el caso de *Anolis lionotus*, casi todos los transectos (11 de 12) registraron la presencia de este reptil durante ambas temporadas. El transecto T11, ubicado en la cuenca del río Rinconcito (río Caimito) en la Zona Norte, presentó el mayor estimado del tamaño poblacional de esta especie, estimando en 53 individuos durante la temporada seca y 63 en la lluviosa. Esta zona estuvo caracterizada por un bosque primario con una buena cobertura del dosel. Otras parcelas con un estimado del tamaño poblacional alto fueron el transecto T14 ubicado en la cuenca del río Petaquilla dentro de la Zona del Proyecto (ZP) con un estimado de 35 individuos en la temporada seca y 59 en la lluviosa, el transecto T5 ubicado en cuenca del río San Lucas en la Zona Este con un estimado de 31 individuos en la estación seca y 27 en la lluviosa y el transecto T8 ubicado en la cuenca del río Rinconcito en la Zona Norte con un estimado de 19 individuos en la estación seca y 35 en la lluviosa.

En general, se observan mayores estimados poblacionales en los transectos ubicados en la Zona Norte, mientras que la Zona Oeste presentó los menores registros de estos parámetros poblacionales en ambas temporadas, el único transecto en el que no se observó esta especie fue el T16 ubicado en esta Zona, sin embargo dicho transecto carece de datos para la estación seca.

El número estimado de individuos (Nc) no fue significativamente diferente entre las zonas muestreadas durante la estación seca ni tampoco durante la estación lluviosa (Análisis de una vía Kruskal-Wallis, estadístico de prueba Kruskal-Wallis = 3.120 y 5.719, respectivamente, P>0.05 en ambos).

En cada una de las zonas: Zona Este, Zona Norte, Zona Oeste y Zona del Proyecto, no se encontraron diferencias significativas en el número estimado de individuos (Nc) entre la estación seca y lluviosa (Análisis de dos vías Friedman, estadístico de prueba Friedman =3.000, 3.000, 0.000 y 0.333 respectivamente, P>0.05 en todas).

Por lo anteriormente mencionado, como era de esperarse, el análisis en conjunto de todos los transectos en el área de estudio tampoco mostró diferencias significativas en el número estimado de individuos (Nc) entre la estación seca y lluviosa (Prueba Sign, 6+ y 5-, $P>0.05$).

## 4.2. Tamaño de las poblaciones

Estimamos el tamaño total de las poblaciones de *Anolis humilis*, en toda el área de estudio, utilizando los promedios de los estimados de los números de individuos por zonas ($N_c$) durante la temporada seca y lluviosa. Con ese número estimamos el tamaño o el número de individuos que ocupa cada $Km^2$ de la zona de estudio en ambas temporadas.

Para *Anolis lionotus* estimamos el número de individuos por Kilómetro de largo de quebrada, durante la temporada seca y lluviosa, sin embargo en este momento no podemos estimar el tamaño total de la población, ya que carecemos del total de Km de quebrada que hay en cada zona, una vez tengamos ese valor calcularemos el total de la población para ambas temporadas.

### 4.2.1. Tamaño poblacional de *Anolis humilis*

Como se mostró anteriormente los datos entre las Zonas de estudio para los muestreos de *Anolis humilis* indican que los estimados de individuos para la ZE son significativamente diferentes (mayores) a los de la ZO y ZP, por lo que los excluimos de los cálculos y sólo tomamos en cuenta para determinar el tamaño de la población a aquellas zonas que si eran significativamente semejantes a la Zona de Proyecto (ZN, ZO y ZP).

De esta manera, para *Anolis humilis* tenemos que en los 400 $km^2$ de área total de estudio (el total de $km^2$ comprendidos por ZN, ZO y ZP; excluyendo ZE) debe haber, en promedio, cerca de 744,889 individuos durante la temporada seca (369,778 y 1,442,413; rangos promedio mínimo y máximo respectivamente) y se estima que debe haber, en promedio, cerca de 585,651 durante la temporada lluviosa (342,857 y 1,038,339; rangos promedio mínimo y máximo respectivamente).

Con esos valores calculamos que por cada Km2 de la zona de estudio debe haber un promedio de 1,862 individuos (924 y 3,606; rangos promedio mínimo y máximo respectivamente) durante la temporada seca; y un promedio de 1,464 individuos (857 y 2,596; rangos promedio mínimo y máximo respectivamente) durante la temporada lluviosa.

### 4.2.2. Tamaño Poblacional de *Anolis lionotus*

Nuestros datos indican que se estima en 44 la cantidad promedio de individuos que habitan a lo largo de 1 Km de quebrada (16 y 94; valor promedio mínimo y máximo) durante la temporada seca. Para la temporada lluviosa se estima en 34 la cantidad promedio de individuos que habitan a lo largo de 1 Km de quebrada (20 y 94; valor promedio mínimo y máximo). Al carecer en este momento de los datos del largo total de las quebradas en las Zonas del estudio (ZE, ZN, ZO y ZP), no hemos calculado el total de individuos que habita en la zona de estudio.

BORRADOR

### 4.3. Estimado del tamaño de la muestra o número de transectos y parcelas requeridos.

Se estimó la cantidad de muestras mínimas necesarias (n) y la cantidad de muestras mínimas necesarias corregida a 90% de nivel de confianza (n*), para la estación seca y la lluviosa, de cada especie, utilizando la ecuación suministrada en la metodología (Sección 3.6.).

Los resultados para cada especie se encuentran en la Tabla 4. Estos resultados nos sugieren que siguiendo la misma metodología que utilizamos, se requiere una cantidad mayor de muestras para las parcelas de *Anolis humilis*, mientras que para los transectos de *Anolis lionotus,* aunque son números también elevados, son mucho menores.

| Especie | Nivel de confianza (%) | $Z_\alpha$ | Ancho del intervalo de confianza (%) | Estacion Seca | | | | | Estacion Lluviosa | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | N | Promedio del número estimado de individuos | s (desviación estándar) | n | n* (90% nivel de confianza) | N | Promedio del número estimado de individuos | s (desviación estándar) | n | n* (90% nivel de confianza) |
| *A. humilis* | 95 | 1.96 | 20 | 23 | 10 | 15.4 | 231 | >>231 | 24 | 15 | 49.3 | 1047 | >>1047 |
| *A. lionotus* | 95 | 1.96 | 20 | 11 | 23 | 15.5 | 44 | 57 | 12 | 25 | 21.1 | 71 | 88 |

**Tabla 4. Estimado del número de parcelas y transectos requeridos para optimizar los resultados.**

### 4.4 Estructura poblacional

#### 4.4.1 Parcelas de *Anolis humilis*

Durante la temporada seca se registraron los parámetros poblacionales de *A. humilis* para un total de 105 animales capturados, con 65 individuos correspondientes a la Zona Este, 18 a la Zona Norte, 14 para la Zona Oeste y 8 ejemplares para la Zona del Proyecto. La estructura de tallas de *A. humilis* durante esta temporada mostró una distribución unimodal, con una mayor frecuencia en el rango 3.6-4.0 cm (26.7%), siendo la moda 4.1 cm (Figura 6). Dentro de los estadíos, la forma adulta fue la predominante con un 51.4%, mientras que se observó una mayor proporción de individuos machos (61.6%). Las parcelas ZEP2, ZEP4, ZEP12 y ZNP11 muestran una proporción significativa de juveniles en su estructura (Ver Tabla 9).

Mientras que durante la temporada lluviosa se tomaron registros poblacionales para un total de 109 animales capturados, distribuidos en 71 para la zona Este, 25 para la zona Norte, 10 para la zona del proyecto y 5 para la zona Oeste. La estructura de tallas de *A. humilis* durante esta temporada mostró una distribución unimodal, con una mayor frecuencia en el rango 3.6-4.0 cm (23.9%), siendo la moda 3.5 cm (Figura 12), aunque también se observa una proporción significativa del rango juvenil 2.0-2.4 cm (14.7%). Dentro de los estadios, la forma adulta fue la predominante con un 58.7%, mientras que se observó una mayor proporción de individuos machos (67.7%). Las parcelas ZEP2,

BORRADO

ZEP4 y ZPP5 muestran una proporción significativa de juveniles en su estructura (Ver Tabla 9).

No se han encontrado diferencias significativas entre las tallas promedio entre zonas de estudio ($p>0.05$, $p=0.227$). Sin embargo, se observaron diferencias significativas entre las temporadas de muestreo ($p<0.05$, $p=0.027$), con mayores tallas en la zona Oeste y del proyecto y menores tallas en la zona Este y Norte durante la temporada seca.

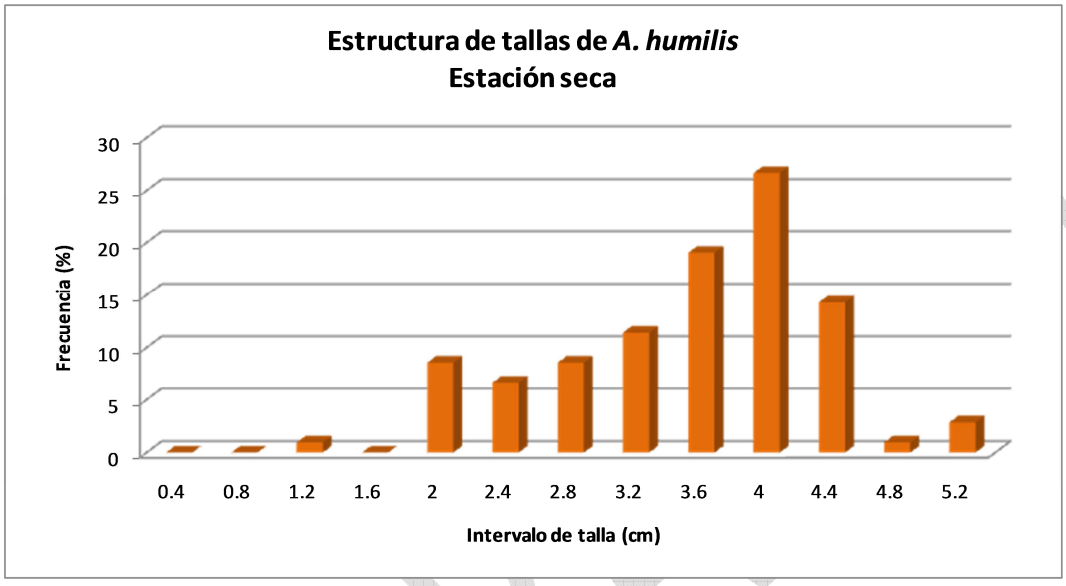


**Figura 4. Estructura de tallas de *Anolis humilis* durante la temporada seca**

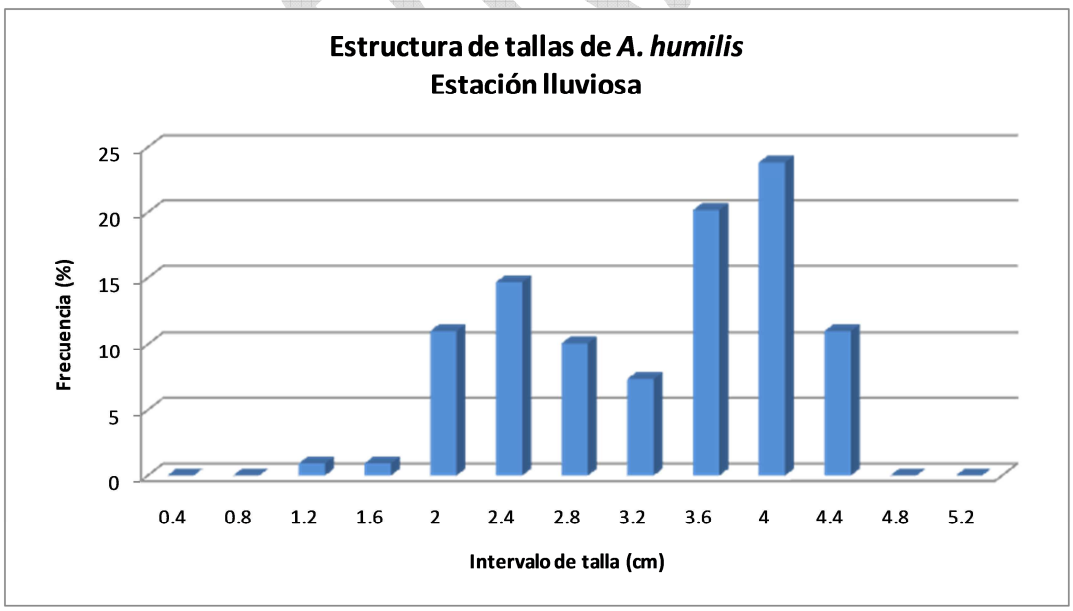


**Figura 5. Estructura de tallas de *Anolis humilis* durante la temporada lluviosa**

| Estadío | Seca | Lluviosa |
|---|---|---|
| A (%) | 51.4 | 58.7 |
| SA (%) | 33.3 | 0.0 |
| J (%) | 15.2 | 41.3 |
| Total | 100.0 | 100.0 |

**Tabla 5. Estadios de la población de *Anolis humilis* durante la temporada seca y lluviosa**

### 4.4.2 Transectos de *Anolis lionotus*

Durante la temporada seca se registraron los parámetros poblacionales de *A. lionotus* para un total de 86 animales capturados (incluyen lagartijas observadas pero no capturadas), con 31 individuos correspondientes a la Zona Este, 27 a la Zona Norte, 12 a la Zona Oeste y 16 ejemplares a la Zona del Proyecto. La estructura de tallas de *A. lionotus* durante esta temporada mostró una distribución bimodal, con una mayor frecuencia en los rangos 3.0-3.5 cm (12.8 %) y 5.5-6.0 cm (19.8%) siendo la moda 5.8 cm (Figura 10). Dentro de los estadíos, la forma adulta fue la predominante con un 66%, mientras que el estadio juvenil alcanzó un 20%. La proporción sexual mostró un ligero predominio de los individuos machos (53%) sobre las hembras (47%) pero sin evidencias de diferencias significativas ($p>0.05$, $X2=0.3$). A nivel de cuencas, los ríos Belencillo, Uvero (río Caimito), Hoja (río Caimito), Rinconcito (río Caimito) y Petaquilla presentan una mayor proporción de individuos adultos dentro de los transectos, mientras que el río San Lucas presenta una proporción similar de ejemplares adultos y juveniles (ver Tabla 11).

Durante la temporada lluviosa se tomaron registros poblacionales para un total de 115 animales capturados (incluyen lagartijas observadas pero no capturadas), 37 corresponden a la Zona Este, 42 a la Zona Norte, 12 a la zona del Proyecto y 24 a la Zona Oeste. La estructura de tallas de *A. lionotus* durante esta temporada mostró una distribución bimodal, con una mayor frecuencia en los rangos 3.6-4.0 cm (17.4%) y 6.0-6.5 cm (14.8%) siendo la moda 3.6 cm (Figura 11). Dentro de los estadíos, la forma adulta fue la predominante con un 65%, mientras que la proporción de juveniles alcanzó un 40%. Se observó una mayor proporción significativa de individuos machos en relación a las hembras ($p<0.05$, $X2=39.7$). A nivel de cuencas, los ríos San Lucas, Belencillo, Uvero (río Caimito), Hoja (río Caimito) y Rinconcito (río Caimito) presentan una mayor proporción de individuos adultos encontrados en los transectos, mientras que el río Petaquilla presenta una mayor proporción de ejemplares juveniles (ver Tabla 11).

No se han encontrado diferencias significativas entre las tallas promedio entre zonas de estudio ($p>0.05$, $p=0.476$) y entre ambas temporadas ($p>0.05$, $p=0.102$). Asimismo

BORRADOR

tampoco se han reportado diferencias significativas de esta variable entre cuencas ($p>0.05$, $p=0.501$).

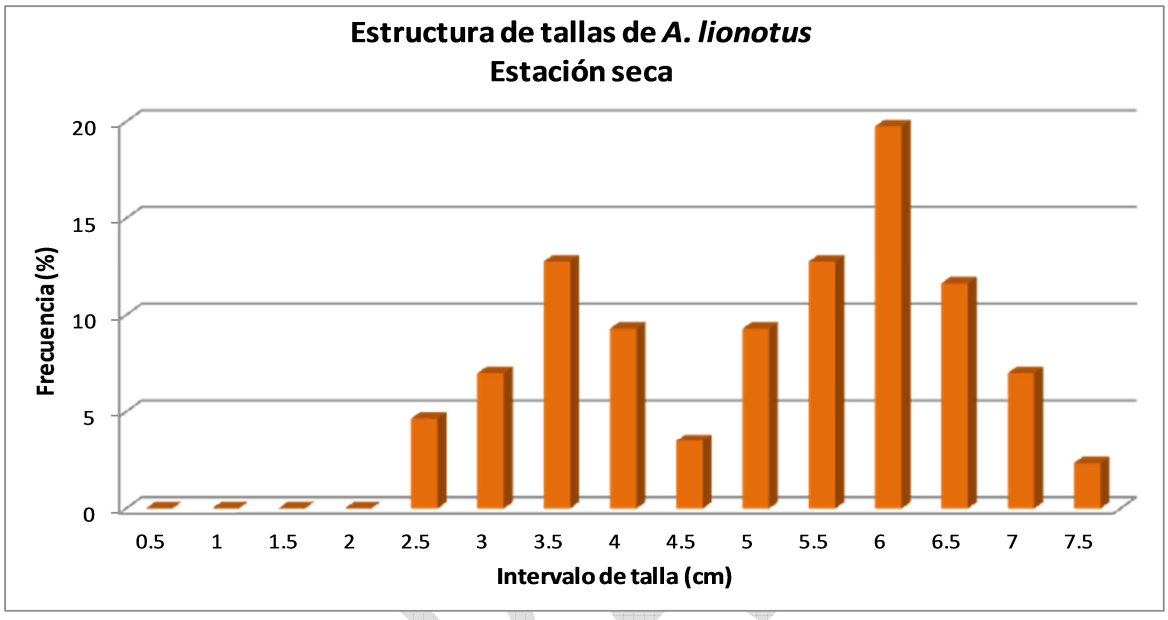


**Figura 6. Estructura de tallas de *Anolis lionotus* durante la temporada seca.**

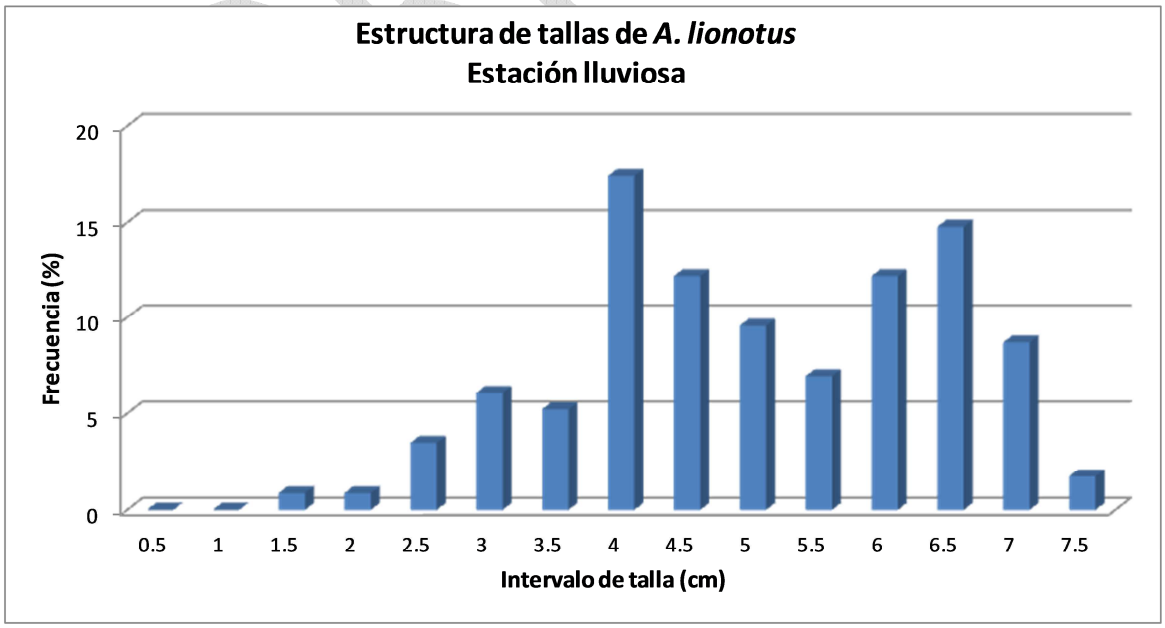


**Figura 7. Estructura de tallas de *Anolis lionotus* durante la temporada lluviosa**

| Estadío | Seca | Lluviosa |
|---|---|---|
| A (%) | 76.7 | 54.2 |
| SA (%) | 0.0 | 12.5 |
| J (%) | 23.3 | 33.3 |
| Total | 100 | 100 |

**Tabla 6. Estadios de la población de *Anolis lionotus* durante la temporada seca y lluviosa**

## 5. DISCUSIÓN

Los programas de monitoreo poblacional que estiman parámetros de interés a través del tiempo son necesarios e importantes en estudios de manejo de conservación y reubicación de especies de fauna silvestre. Dos de los principales parámetros utilizados usualmente son la abundancia (número absoluto de individuos) y la densidad (número de individuos por unidad de área).

En un inicio, uno de los dilemas más importantes que confrontamos fue, ¿qué especies seleccionar para realizar este estudio poblacional? Uno de los factores que hay que tomar en cuenta al momento de elegir las especies para un estudio de esta clase es que todas las especies no son susceptibles a este tipo de estudio, esto se debe principalmente a que muchas especies tienen densidades bajas, viven ocultas o simplemente son difíciles de ver, lo cual no permite estimar tendencias poblacionales (Lips *et al.*, 2001). Esto sugiere que algunas especies son mejores que otras para estudios poblacionales, se decidió entonces enfrentar algunas características que son favorables para este tipo de estudio, entre todas las EDIs de reptiles presentes en la huella del proyecto Mina de Cobre Panamá. Los resultados nos demostraron que ninguna de las 8 especies EDIs de reptiles era apta para este tipo de estudio (Ver Tabla 1 en la Metodología).

Todas las especies EDIs de reptiles, registradas para el área de estudio, son difíciles de muestrear ya que sus hábitos (algunas son semifosoras, otras arborícolas y otras acuáticas) no permiten que ellas sean fácilmente observables, además de que no son fáciles de observar, tampoco son fáciles de capturar para marcarlas y aparentemente no son abundantes, se revisó los números de avistamiento tanto en el Estudio de Impacto Ambiental, como en la búsquedas realizadas por MWH (2010) y los números de individuos observados para cada una de estas especies son muy bajos, esto nos hace suponer que sus densidades son muy bajas o que viven generalmente ocultos y por lo tanto son vistos infrecuentemente, por esa razón se consideró que ninguna de las ocho Especies de Interés de reptiles es apta para realizar un estudio poblacional a corto ni a largo plazo. Estas razones fueron expuestas a Minera Panamá S. A. con la recomendación de utilizar otras dos especies de reptiles, que pudieran ser indicadoras de degradación ambiental, ya que sólo viven dentro del bosque y que se pudieran muestrear con relativa facilidad, se recomendó dos lagartijas del género *Anolis*, *A. lionotus* y *A. humilis*, ambas lagartijas se encuentran en números considerables en casi todos los sitios muestreados con anterioridad y son de actividad diurna. La primera es una lagartija endémica de Panamá, semiacuática, habita generalmente en quebradas con muchas piedras y de aguas claras, no se encuentra en áreas abiertas sin dosel,

BORRADOR

mientras que la segunda es una lagartija terrestre que habita en la hojarasca del suelo del bosque y tampoco habita en zonas desprovistas de dosel.

Se aplicó el método de marcado recaptura a dos tipos distintos de muestreos, uno diseñado para animales principalmente terrestres, el método de Parcelas (para cuantificar poblaciones de *Anolis humilis*) y el otro para animales que viven en las márgenes de quebradas, el método de Transectos para la Inspección por Encuentro Visual (para cuantificar poblaciones de *Anolis lionotus).*

Los estimados obtenidos con las parcelas, indican el tamaño aproximado de la población de *Anolis humilis* en toda el área de estudio y de allí podemos inferir el número de individuos de esa especie que ocupa cada $km^2$ de bosque en el área del Donoso, igualmente podemos inferir los tamaños poblacionales en sitios donde habita *Anolis lionotus*, con los estimados obtenidos con los transectos. Estos resultados tienen muchas aplicaciones como monitorear las poblaciones a corto y largo plazo, observar fluctuaciones naturales de las poblaciones y determinar fluctuaciones producto de alteraciones ambientales.

*Anolis humilis* es una especie que podemos considerar como indicadora de perturbación del hábitat, ella habita exclusivamente en la hojarasca del suelo del bosque y no se localiza en sitios que no presentan dosel, alteraciones en la estructura boscosa pueden ser determinados con un monitoreo de esta especie y como ya en estos momentos se puede predecir la cantidad de individuos de *Anolis humilis* que deben ser encontrados en un área definida, porque sabemos que en cada $Km^2$, habitan aproximadamente 1,862 individuos (924 y 3,606; rangos promedio mínimo y máximo respectivamente) durante la temporada seca y 1,464 individuos (857 y 2,596; rangos promedio mínimo y máximo respectivamente) durante la temporada lluviosa, estos resultados nos sirven para comparar resultados con futuros monitoreos, para ver si hay alguna variación en la estructura poblacional de esta especie por alteración de su hábitat u otra causa. Estos resultados y metodología puede aplicarse a cualquier reptil que se quiera evaluar, sin embargo hay que tomar en cuenta si la especie a evaluar es susceptible a este tipo de muestreo, como fue discutido en párrafos anteriores.

Lo mismo podemos hacer para *Anolis lionotus*, con los transectos se estimó que la cantidad promedio de individuos de esta especie que habitan a lo largo de 1 Km de quebrada en dónde se conoce su presencia y es de 44 (16 y 94; valor promedio mínimo y) durante la temporada seca y de 34 en la temporada lluviosa (20 y 94; valor promedio mínimo y máximo). Estos valores pueden ser utilizados para monitorear las poblaciones de esta especie que es indicadora, no sólo de degradación del bosque sino que también de degradación de las aguas, ya que es una lagartija cuya naturaleza está ligada a fuentes de aguas limpias y claras.

Una característica interesante que pudimos observar durante los muestreos de las parcelas de *Anolis humilis*, es que muy pocas parcelas (2, una en la zona oeste y otra en la zona de proyecto) tuvieron valores de “0” tanto en la temporada lluviosa como en la seca; esto nos indica que la distribución de esta especie es más o menos homogénea y que es una de las especies más comunes en el área del Donoso y por lo tanto muy buena candidata para futuros monitoreos poblacionales. De igual forma los transectos de *Anolis lionotus* no mostraron valores de 0 para ambas temporadas, lo cual sugiere una

distribución homogénea en toda el área de estudio y lo cual también hace a esta especie muy buena candidata para futuros monitoreos poblacionales.

Cabe destacar que aunque no se realizó muestreo formal de alguna de las 8 EDIs de reptiles, se dio instrucción a los observadores, que si se encontraban durante los muestreos, algún espécimen de la lista de especies EDIs de reptiles, se capturaran y marcaran, para de esta forma corroborar en campo si alguno de ellos era susceptible a este tipo de muestreo, pero como era de esperar, por las características de cada una de estas especies, nunca fue observada una de ellas, dentro de las parcelas, ni transectos, durante los muestreos solamente fueron vistos dos ejemplares de *Iguana iguana* durante el recorrido de T6 en la Zona Oeste, durante la época seca, pero ni siquiera fueron observados dentro del mismo transecto, sino como a 3 metros de el. Esta especie es arborícola y se reproduce construyendo nidos en el suelo durante la época seca y es el único momento en que son más visibles porque se encuentran en el suelo o cerca del suelo.

No se conocen trabajos previos que se hayan hecho para estimar tamaño y densidad poblacional de *Anolis humilis* y *Anolis lionotus*, especies que habitan sistemas tan complejos como los bosques tropicales, por lo que iniciamos con una cantidad de parcelas (24) y transectos (12) que se pensó, luego de consultar a expertos nacionales (Roberto Ibáñez com. per.), podía ser lo mínimo necesario para estimar estructuras poblacionales. Las mejores estimaciones de densidad son aquellas precisas e imparciales, la estimación precisa de la densidad de animales es un requerimiento básico para la investigación ecológica y manejo de la fauna silvestre, la carencia de precisión, reflejada en una alta varianza, error estándar, coeficiente de variación del muestreo, reduce la veracidad de la estimación.

Desafortunadamente con la metodología utilizada en este estudio hemos obtenido varianzas estadísticas muy altas, tanto en las parcelas de *Anolis humilis* como en los transectos de *Anolis lionotus*, esto indica que las estimaciones obtenidas tienen muy bajo nivel de confianza respecto a las densidades y tamaños poblacionales reales en la naturaleza y se deben buscar alternativas para tratar de minimizar el valor de las varianzas.

Enfocados en esto realizamos un cálculo (con la fórmula que aparece en el punto 3.6 de la metodología) para determinar el número mínimo de parcelas y transectos necesarios para optimizar estos resultados, utilizando la misma metodología. Sin embargo, si observamos la Tabla 4, las cantidades sugeridas, para optimizar los resultados con la metodología actual, son grandes y eso implica altos costos y muchos equipos de trabajo muestreando simultáneamente para poder cumplir con esa cantidad de muestreos anuales.

Otra alternativa para optimizar los resultados (y bajar el valor de la varianza) y de menor costo, es la de aumentar el número de parcelas y transectos si es posible al doble, en vez de 24 parcelas realizar 48 y en vez de 12 transectos hacer 24. Pero más importante también es aumentar el número de días de captura y recaptura a 4 o 5 días (con la metodología actual es de 2 días), eso incrementaría las probabilidades de recapturar más individuos y como estas metodologías se basan en captura-recaptura, al tener más días de muestreo y por lo tanto más recapturas debe bajar la varianza y con eso tendríamos datos más fiables. Es recomendable hacer una prueba a pequeña escala, con unas pocas parcelas y transectos para

BORRADOR

ver si realmente se consiguen más recapturas al aumentar los días de muestreo y verificar si eso ayuda a bajar la varianza.

Los factores que determinan la actividad diaria de los reptiles, son los factores ambientales principalmente y en un mismo día o en días diferentes estos factores pueden variar grandemente en esta región del Donoso (lluvia, nubosidad, temperatura, humedad, etc.), incidiendo directamente en la presencia o ausencia de un mismo individuo en el mismo sitio, en diferentes periodos de tiempo; Mientras más días de muestreo hagamos, se va a dar más oportunidad a que un individuo sea capturado y recapturado, y esto incidiría beneficiosamente en el robustecimiento del diseño experimental, disminuyendo la varianza.

En cuanto a la estructura poblacional de *Anolis humilis*, podemos resaltar que hay un patrón poblacional similar entre la temporada seca y lluviosa, encontrándose 105 y 109 animales respectivamente. En ambas estaciones, la zona en donde abundaban más era la Zona Este (65 en época seca y 71 en la época lluviosa). En ambas temporadas un poco más de la mitad de los ejemplares encontrados eran adultos y la mayor parte de los individuos encontrados eran machos (61.6% en la época seca y 67.7% en la lluviosa).

*Anolis lionotus*, fue más abundante durante la época lluviosa (115) que durante la época seca (86). La En la Zona Este se encontró la mayor cantidad de individuos en temporada seca (31) mientras que la Zona norte obtuvo la mayor cantidad de individuos durante la lluviosa (42). La población adulta predomina durante todo el año (66% en época seca y 65% en la lluviosa) sin prácticamente variación anual; sólo la cuenca del Río Petaquilla demuestra mayor proporción de juveniles durante la época lluviosa.

## 6. CONCLUSIONES

- Ninguna EDIs del grupo de los reptiles presentes en el área de desarrollo del proyecto Mina de Cobre Panamá, es susceptible a un estudio poblacional con las metodologías utilizadas en este estudio (parcelas y transectos), prueba de ello fue que durante los muestreos de *Anolis*, nunca fue observado uno de estos reptiles dentro de los sitios de muestreo.
- Las varianzas obtenidas en este estudio son muy altas, por lo que las estimaciones de las densidades y tamaños poblacionales de este estudio tienen muy bajo nivel de confianza respecto a lo que debieran ser los valores reales en la naturaleza.
- Se necesita ajustar el diseño del muestreo para darle mayor confiabilidad a los resultados. Usando la metodología actual, necesitamos elevar enormemente el número de parcelas y transectos para poder robustecer nuestro diseño experimental y para bajar la varianza estadística, esto implica mayores costos y cantidades grandes de personal trabajando al mismo tiempo para poder cumplir con los requisitos anuales de muestreo.
- El número de recapturas tanto para las parcelas como en los transectos, generalmente fue muy baja. Esto influye en el alto valor de las varianzas.

BORRADOR

- No hay diferencias en el número de individuos *Anolis humilis* en cada una de las zonas de muestreo, durante la época seca; pero si la hay durante la lluviosa, en donde son más numerosas en la Zona Este, que en la Zona Oeste y Zona de Proyecto.
- *Anolis lionotus*, no presentó diferencias significativas en su estructura poblacional entre las zonas, ni en la época seca, ni en la lluviosa.
- Pocas parcelas tuvieron valores de 0 individuos de *Anolis humilis* en ambas temporadas, por lo que podemos concluir que es una especie común y de distribución bastante homogénea, es un reptil terrestre ideal para monitoreo y estudios poblacionales a corto y largo plazo.
- Ningún transecto mostró valores de 0 individuos de *Anolis lionotus* en ambas temporadas, por lo que podemos concluir que es una especie común y de distribución bastante homogénea para las quebradas que tienen agua clara y con rocas en su lecho. Por lo que esta especie es ideal para hacer monitoreo y estudios poblacionales a corto y largo plazo.

## 7. RECOMENDACIONES

- Hacer ajustes en la metodología para disminuir la varianza y robustecer la veracidad y confianza de los datos. Recomendamos aumentar al doble el número de parcelas (48) y transectos (8), pero la recomendación más importante es aumentar a 4 o 5 días la cantidad de veces que se debe visitar cada parcela o transecto, si el método se basa en capturas y recapturas aumentando la cantidad de días de muestreo, debe aumentar la cantidad de recapturas y por lo tanto disminuir el valor de la varianza.
- Realizar pruebas experimentales con unas pocas parcelas o transectos para demostrar si el aumento del número de días de muestreo realmente incide en la cantidad de recapturas, y si esto disminuye la varianza.
- Aunque estas dos *Anolis* no son consideradas en la lista de EDIs, son recomendadas para monitoreos y estudios poblacionales a corto y largo plazo, son especies comunes y son posibles buenos indicadores de salud ambiental, por su homogeneidad en su distribución y hábitos diurnos y terrestres son fáciles de muestrear, además con este estudio se cuenta ya con una línea base con la cual comparar.
- Adicionalmente recomendamos un estudio de la presencia de *Bd* (*Batrachochytrium dendrobatidis*) en la piel de *Anolis lionotus*, se ha demostrado que algunos reptiles pueden llevar en su piel, este patógeno que afecta a los anfibios, y en el estudio de poblaciones de anfibios encontramos el patógeno en ranas del género *Atelopus* en el Río San Lucas. Esta especie de Anolis, en especial, vive asociada al agua y vive en las mismas quebradas que utilizan las ranas *Atelopus varius* y puede ser un propagador del patógeno.

## 8. BIBLOGRAFÍA


- Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM). Resolución No. AG - 0051-2008, por la cual se reglamenta lo relativo a las especies de fauna y flora amenazadas y en peligro de extinción, y se dictan otras disposiciones.


BORRADOR

- Chao, A. y Huggins, R. M. 2005. Classical Closed-population Capture-Recapture Models. En: Amstrup, S. C., T. L. McDonals y B. F. J. Manly (Eds.). Handbook of Capture-Recapture Analysis (Pag. 21-35). Princeton University Press.
- CITES. 2012. Appendices I, II and III. Valid from 3 april 2012. http://www.cites.org.
- Clarke, R. D. 1972. The Effect of Toe Clipping on Survival in Fowler's Toad (Bufo woodhousei fowleri). Copeia (1): 182-185.
- Elzinga, C., D. Salzer, J. Willoughby y J. Gibbs. 2001. Monitoring plant and animal populations: a handbook for field biologists. Blackwell Science, London, 360 pp.
- Ferner, J. W. 2007. A review of marking and individual recognition techniques for amphibians and reptiles. Herpetological Circulars 35. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Salt Lake City UT.
- Golay, N., and H. Durrer. 1994. Inflammation due to toe-clipping in natterjack toads (Bufo clamita). Amphibia-Reptilia 15:81-83.
- IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. http://www.iucnredlist.org. Downloaded on 29 may 2012.
- Lips, K. R., J. K. Reaser, B. E. Young, and R. Ibáñez. 2001. Monitoreo de Anfibios en América Latina: Manual de Protocolos. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Herpetological Circular No. 30, pp. 115.
- McCarthy, M. A. & K. M Parris. 2004. Clarifying the effect of toe clipping on frogs with Bayesian statistics. Journal of Applied Ecology 41: 780–786.
- MWH y Minera Panamá S. A. 2010. Estudio Biológico Para la identificación de Especies Vegetales y Animales de Interés Especial (Species of Concern - SOC) Fuera del Área de Concesión del Proyecto Cobre Panamá MPSA.
- Phillott, A. D., L. F. Skerratt, K. R. McDonald, F. L. Lemckert, H. B. Hines, J. M. Clarke, R. A. Alford, and R. Speare. 2007. Toe-clipping as an acceptable method of identifying individual anurans in mark recapture studies. Herpetological Review 38:305-308.
- Sokal, R. R. and F. J. Rohlf. 1995. Biometry. W.H. Freeman and Company, New York. 887 pp.
- Woodbury, A. W. 1956. Uses of markings animal in ecological studies marking amphibians and reptiles. Ecology, 37:670-674.


BORRADOR

# ANEXOS

BORRADOR

## Anexo 1. Cronograma de evaluación de parcelas durante la temporada seca y lluviosa

| | | Temporada Seca | | | Temporada Lluviosa | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Zona** | **Parcela** | **día 1** | **día 2** | **Responsable** | **día 1** | **día 2** | **Responsable** |
| ZE | ZEP2 | 18 marzo | 20 marzo | Marcos Ponce | 26 julio | 27 julio | Carlos De La Cruz |
| ZE | ZEP3 | 26 marzo | 28 marzo | Marcos Ponce | 26 julio | 27 julio | Abel Batista |
| ZE | ZEP4 | 23 marzo | 25 marzo | Marcos Ponce | 18 julio | 19 julio | Abel Batista |
| ZE | ZEP5 | 27 marzo | 29 marzo | Carlos De La Cruz | 18 julio | 19 julio | Carlos De La Cruz |
| ZE | ZEP9 | 08 febrero | 10 febrero | Melquiades Castillo | 28 julio | 29 julio | Abel Batista |
| ZE | ZEP12 | 27 marzo | 29 marzo | Marcos Ponce | 28 julio | 29 julio | Carlos De La Cruz |
| ZN | ZPP1* | 18 marzo | 20 marzo | Carlos De La Cruz | 20 julio | 21 julio | Carlos De La Cruz |
| ZN | ZNP2 | 01 mayo | 03 mayo | Marcos Ponce | 18 junio | 19 junio | Marcos Ponce |
| ZN | ZNP3 | 06 mayo | 08 mayo | Carlos De La Cruz | 28 junio | 29 junio | Estefany Illueca |
| ZN | ZNP4 | 05 mayo | 07 mayo | Angel Sosa | 24 julio | 25 julio | Abel Batista |
| ZN | ZNP6 | 17 marzo | 19 marzo | Marcos Ponce | 30 junio | 01 julio | Angel Sosa |
| ZN | ZNP8 | 21 marzo | 24 marzo | Marcos Ponce | 28 junio | 29 junio | Carlos De La Cruz |
| ZN | ZNP11 | 09 febrero | 11 febrero | Melquiades Castillo | 30 junio | 01 julio | Marcos Ponce |
| ZO | ZOP3 | 13 marzo | 15 marzo | Marcos Ponce | 02 julio | 03 julio | Marcos Ponce |
| ZO | ZOP4 | 21 marzo | 24 marzo | Carlos De La Cruz | 30 junio | 01 julio | Carlos De La Cruz |
| ZO | ZOP6 | 14 marzo | 16 marzo | Marcos Ponce | 30 junio | 01 julio | Estefany Illueca |
| ZO | ZOP7 | 03 mayo | 05mayo | Carlos De La Cruz | 24 julio | 25 julio | Carlos De La Cruz |
| ZO | ZOP10 | 30 abril | 02 mayo | Marcos Ponce | 02 julio | 03 julio | Angel Sosa |
| ZO | ZOP11 | 09 febrero | 11 febrero | Marcos Ponce | 28 junio | 29 junio | Angel Sosa |
| ZP | ZPP5 | 17 marzo | 19 marzo | Carlos De La Cruz | 20 julio | 21 julio | Abel Batista |
| ZP | ZPP6 | 23 marzo | 25 marzo | Carlos De La Cruz | 22 julio | 23 julio | Abel Batista |
| ZP | ZPP7 | 26 marzo | 28 marzo | Carlos De La Cruz | 02 julio | 03 julio | Estefany Illueca |
| ZP | ZPP8 | 14 marzo | 16 marzo | Carlos De La Cruz | 02 julio | 03 julio | Carlos De La Cruz |
| ZP | ZPP12 | 13 marzo | 15 marzo | Carlos De La Cruz | 22 julio | 23 julio | Carlos De La Cruz |

*Aunque la parcela ZPP1 se encuentra en una Zona de Proyecto, geográficamente no pertenece a lo que llamamos Zona de Proyecto en sí, sino a la Zona Norte.

## Anexo 2. Cronograma de evaluación de transectos durante la temporada seca y lluviosa

| | | | Temporada Seca | | | Temporada Lluviosa | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Zona** | **Transecto** | **Helipad** | **día 1** | **día 2** | **Responsable** | **día 1** | **día 2** | **Responsable** |
| ZE | T1 | C24 | 7 junio | 9 junio | Marcos Ponce | 9 noviembre | 12 noviembre | Marcos Ponce |
| ZE | T2 | C24 | 8 junio | 10 junio | Marcos Ponce | 8 noviembre | 13 noviembre | Marcos Ponce |
| ZO | T3 | C22/ZOP1 | 7 junio | 9 junio | Carlos De La Cruz | 12 noviembre | 13 noviembre | Abel Batista |
| ZP | T4 | VG13 | 8 junio | 10 junio | Carlos De La Cruz | 10 noviembre | 11 noviembre | Abel Batista |
| ZE | T5 | SL 02 | 2 mayo | 4 mayo | Angel Sosa | 8 noviembre | 9 noviembre | Angel Sosa |
| ZO | T6 | BS 05/ZOP9 | 28 abril | 30 abril | Carlos De La Cruz | 9 noviembre | 10 noviembre | Carlos De La Cruz |
| ZO | T7 | C13/ZOP10 | 28 abril | 30 abril | Marcos Ponce | 6 noviembre | 14 noviembre | Angel Sosa |
| ZN | T8 | CR10/ZNP7 | 2 mayo | 4 mayo | Carlos De La Cruz | 12 noviembre | 13 noviembre | Angel Sosa |
| ZN | T9 | T02A/ZNP1 | 29 abril | 1 mayo | Carlos De La Cruz | 13 noviembre | 14 noviembre | Carlos De La Cruz |
| ZE | T10 | W12B/ZEP4 | 2 mayo | 4 mayo | Carlos De La Cruz | 11 noviembre | 12 noviembre | Carlos De La Cruz |
| ZN | T11 | CR11/ZNP10 | 29 abril | 1 mayo | Marcos Ponce | 8 noviembre | 9 noviembre | Abel Batista |
| ZE | T12 | LIM03/ZEP8 | 2 mayo | 4 mayo | Angel Sosa | 10 noviembre | 11 noviembre | Angel Sosa |
| ZP | T13 | VG06/ZPP7 | 29 abril | 1 mayo | Carlos De La Cruz | 14 noviembre | 15 noviembre | Abel Batista |
| ZP | T14 | 4CO1/ZPP6 | 29 abril | 1 mayo | Angel Sosa | 6 noviembre | 7 noviembre | Abel Batista |
| ZP | T15 | V17/ZPP9 | 28 abril | 30 abril | Angel Sosa | 14 noviembre | 15 noviembre | Marcos Ponce |
| ZO | T16 | C22/ZOP1 | 30 abril | | Carlos De La Cruz | 10 noviembre | 11 noviembre | Marcos Ponce |

BORRA